Fundamentos, diseño, construcción y mantenimiento.

Plantas desaladoras de agua de mar.

RE MINERALIZACIÓN

José Luis Pérez Talavera

La Laguna 22-23 de Febrero de 2.017

RE MINERALIZACIÓN

IMPORTANTACIA DE LA REMINERALIZACIÓN

- ASPECTOS DE SALUB PÚBLICA
- ASPECTOS TÉCNICOS

En E.E.U.U. más de 55 millones de personas reciben agua con un I.L. menor de -2

ASPECTOS DE SALUD PÚBLICA

- Existe una gran correlación entre las ingesta de agua blandas y las enfermedades cardiovasculares.
- Ingesta de hierro (aguas rojas), cobre, plomo y amianto por dilución de las tuberías.
- Mal sabor.
- Mar olor.

ASPECTOS DE SALUB PÚBLICA

METALES:

- COBRE: Se evita su corrosión si:

$$CO_2 + HCO_3^- + CO_3^{2-} > 2 \text{ mmol/l}$$

- AMIANTO: La liberación de amianto de las tuberías de amianto cemento comienza con un I.L. < -0,2

ASPECTOS TÉCNICOS

- Corrosión de las tuberías metálicas y de compuestos de cemento.
- Generación de aguas rojas.
- El producto de las plantas desalinizadoras tiene un I.L. alrededor de -5

ATAQUES AGRESIVOS A TUBERÍAS

USO EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

El uso humano viene regulado por el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios del agua de consumo humano

Algunos de los parámetros interesantes, a efectos de la desalación, que incluye el Anexo I, son;

Boro < 1,0 mg/l

THMs < 150 µg/l hasta el 31/12/2008 y < 100 µg/l a partir del 1/1/2009

Cloruros < 250 mg/l

pH, entre 6,5 y 9,5

Sodio < 200 mg/l

Conductividad < 2.500 µS/cm

Índice de Langelier -0,5 - +0,5

OBJETIVOS

- Aumentar el pH del agua (6,5 - 9,5). (*)
- Aumentar la alcalinidad.
- Aumentar la dureza.
- Obtener un I.L. en el rango de -0,5 a + 0,5. (*)
- Mejorar el sabor del agua.
- Mejorar la salud de los consumidores.
- Proteger las tuberías de distribución.

(*) R.D. 140/2003

MÉTODOS

- Mezcla de aguas.
- Adición de sosa cáustica.
- Adición de cal.
- Adición de cal + CO_2
- Adición de bicarbonato sódico + sal cálcica.
- Lechos de calcita / mármol.
- Lechos de calcita / mármol + CO_2.
- Lechos de calcita / mármol + ácido.

MÉTODOS

MEZCLA DE AGUAS:

- Es el método más sencillo y económico.
- Requiere contar con un agua adecuada con alta alcalinidad y dureza.

MÉTODOS

ADICIÓN DE SOSA CÁUSTICA:

- Es el método más sencillo.

$$NaOH + CO_2 \Leftrightarrow NaHCO_3$$

- Aumenta el pH.
- Aumenta la alcalinidad.
- No aumenta la dureza.
- Peligro de sobredosis.
  - Consumo de 0,91 gramos de sosa por gramo de CO_2
  - 1 ppm de sosa eleva la alcalinidad en 1,23 ppm.
- Complemento a los procesos de remineralización.

MÉTODOS

ADICIÓN DE CAL:

- Es el método más usado.

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \Leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

- Incrementa el pH.
- Aumenta la alcalinidad.
- Incrementa la dureza.
- Peligro de sobredosis.
- Limitado por la cantidad de CO_2 presente en el agua.
  - 1 ppm eleva la alcalinidad en 1,26 ppm.
  - 1 gramo de CO_2 eleva la dureza en 0,11 ºF.
  - Consumo de 0,84 gramos de cal por gramo de CO_2.
- Consume el doble de CO_2 que la calcita/mármol para el mismo incremento de alcalinidad/dureza.

MÉTODOS

ADICIÓN DE CAL Y CO_2:

- Cuando el nivel de CO_2 no es suficiente, hay que añadirlo.

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \Leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

  - Para incrementar la alcalinidad 1 grado hacen falta 8,8 gramos de CO_2 y 5,6 gramos de CaO.

  - La dureza aumenta 0,11 ºF por gramo de CO_2.

EQUIPO NECESARIO:

Tanques de almacenamiento de CO2 liquido

Evaporador de CO_2

Dosificador de CO_2

Tolvas de almacenamiento de Cal o hidróxido cálcico

Tornillos dosificadores de cal o hidróxido cálcico

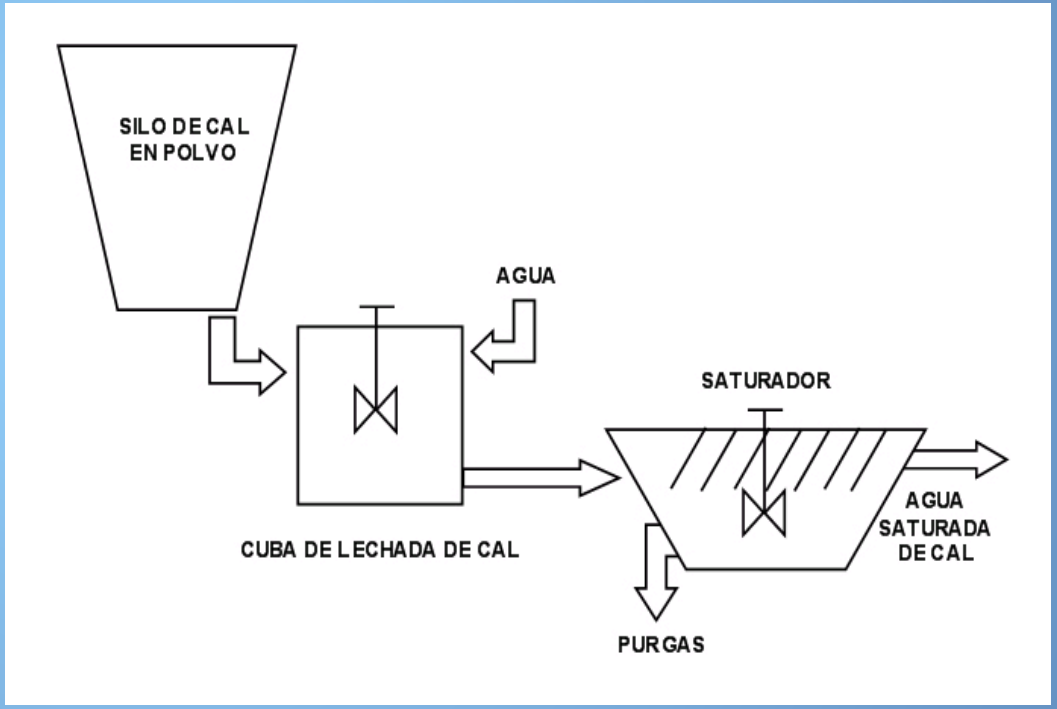
Tanque de formación de "lechada de cal"

Sistema de agitación

Tanque de saturación

Sistema de dosificación de $Ca(OH)_2$

$$2CO_2 + CaO + H_2O \rightarrow (CO_3H)_2Ca$$



Re mineralización con cal

Ventajas:

- tecnología ampliamente probada y en operación en grandes plantas
- uso en distintas aplicaciones (remineralización, estabilización de fangos, etc.).
- sistema relativamente sencillo de operación, si se maneja adecuadamente.
- la cal se maneja desde silos, por lo que su recarga y manejo es sencilla.

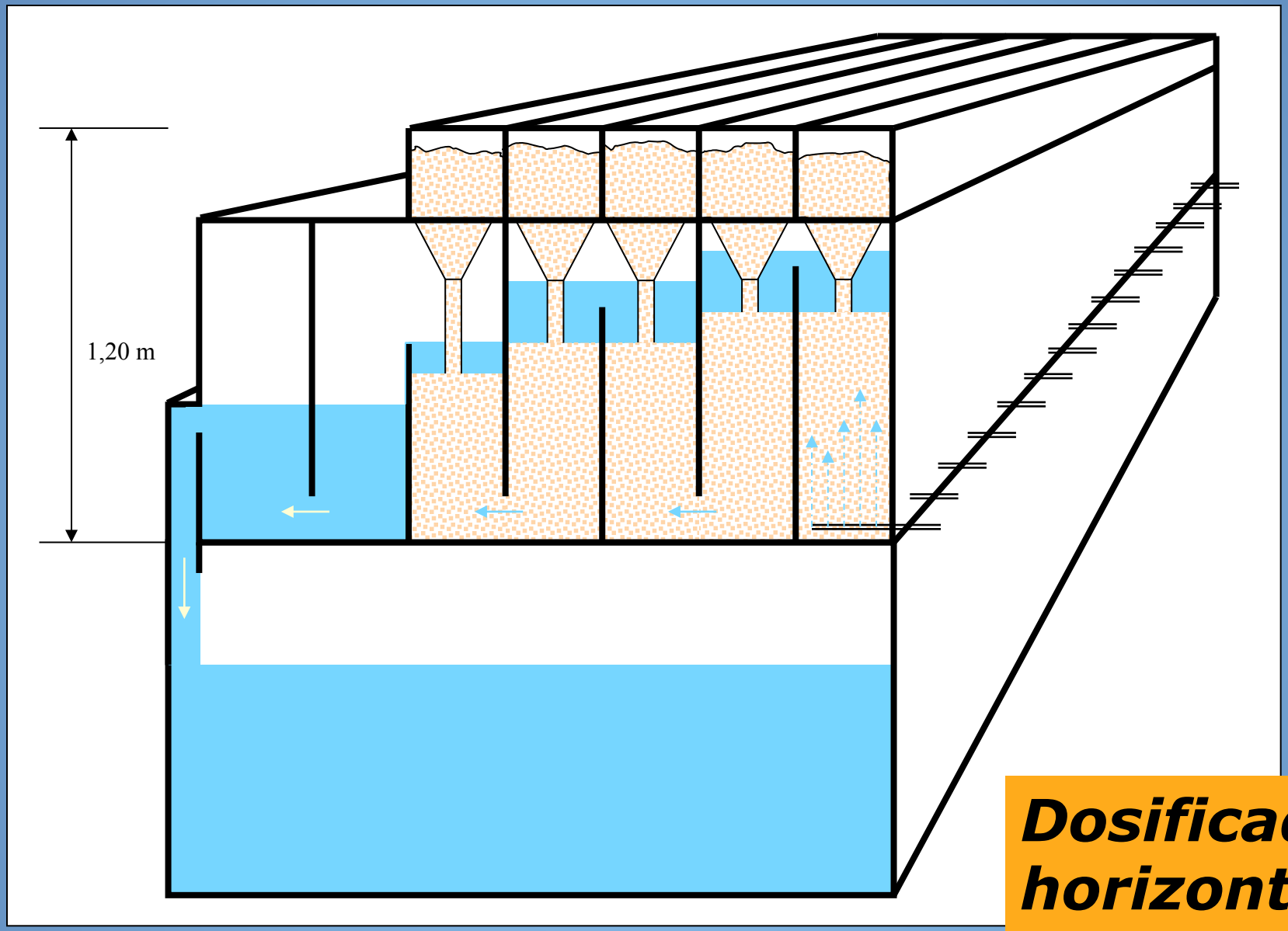
Re mineralización con cal

Desventajas:

- riesgos de precipitaciones e incrustaciones en tuberías y equipos.
- requiere del uso de saturadores de cal para reducir la turbidez.
- requiere de frecuentes limpiezas del sistema y atención en la operación.

Post tratamiento con carbonato cálcico

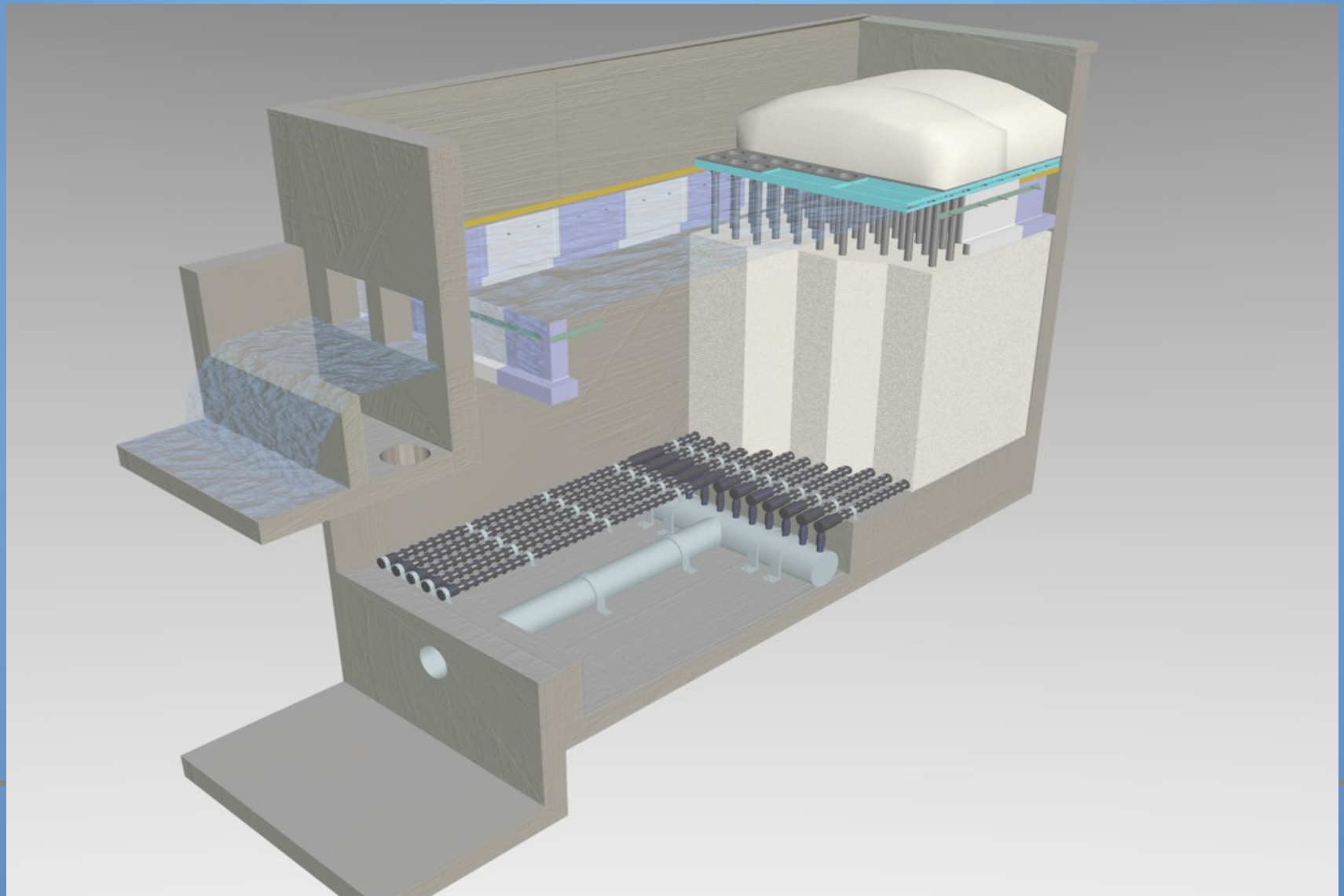
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^- + H_2O$$



Dosificador horizontal de $CaCO_3$

DRINTEC- ISLAS CANARIAS

ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN



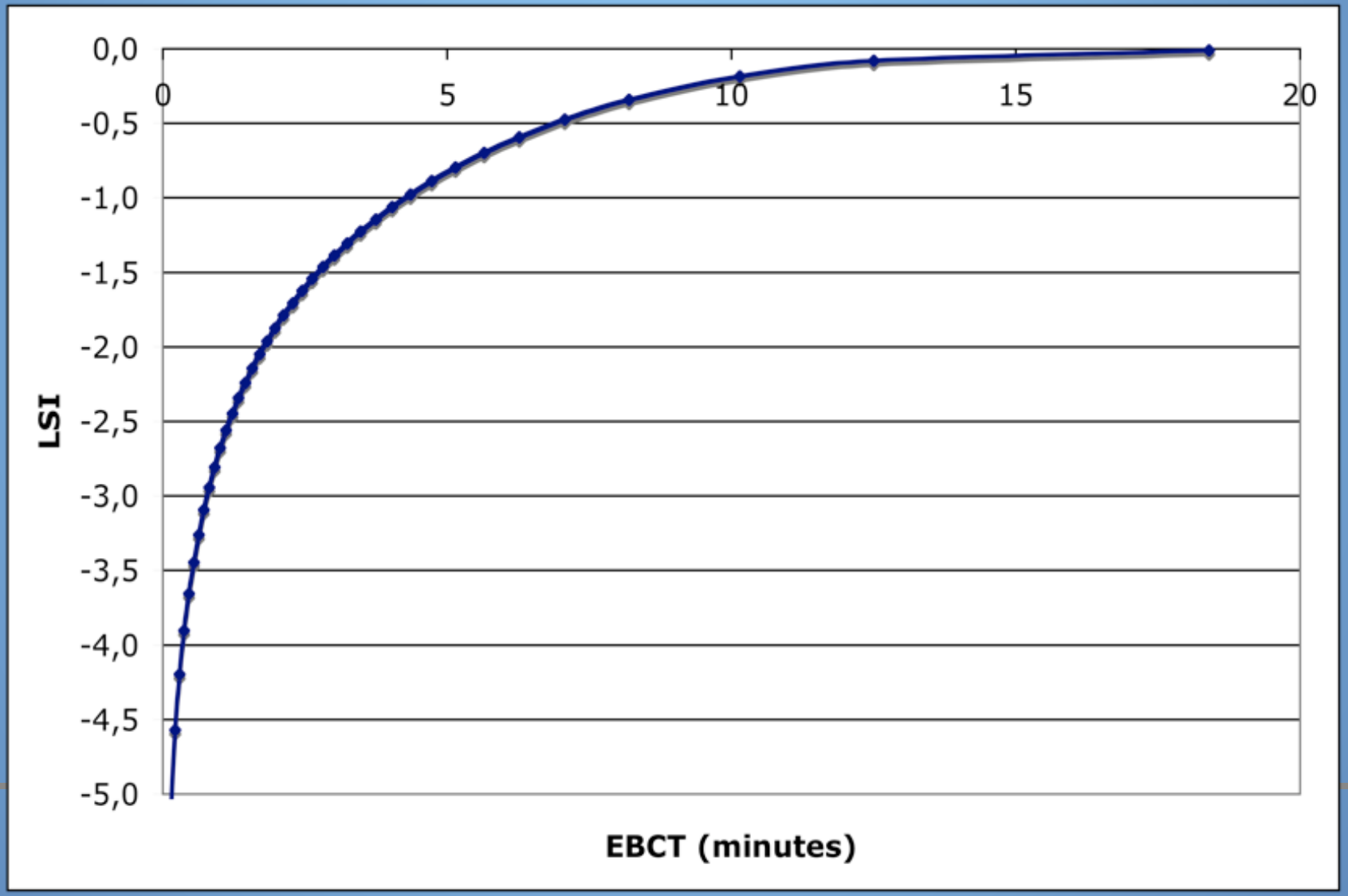
Tubo de los conos y nivel de agua

Placa de conos antes del llenado

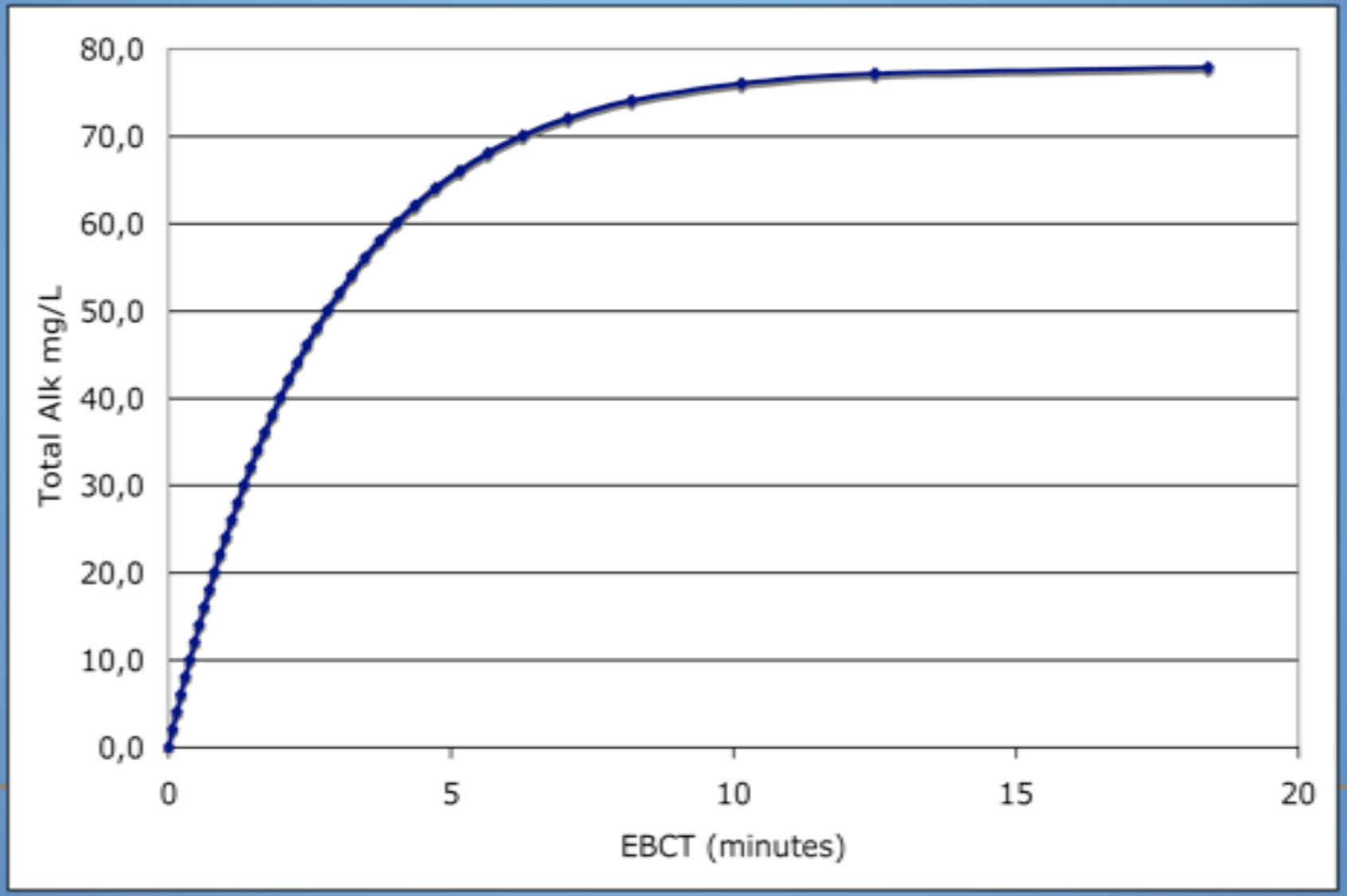
Compartimento después del llenado

Sala con orificios de llenado

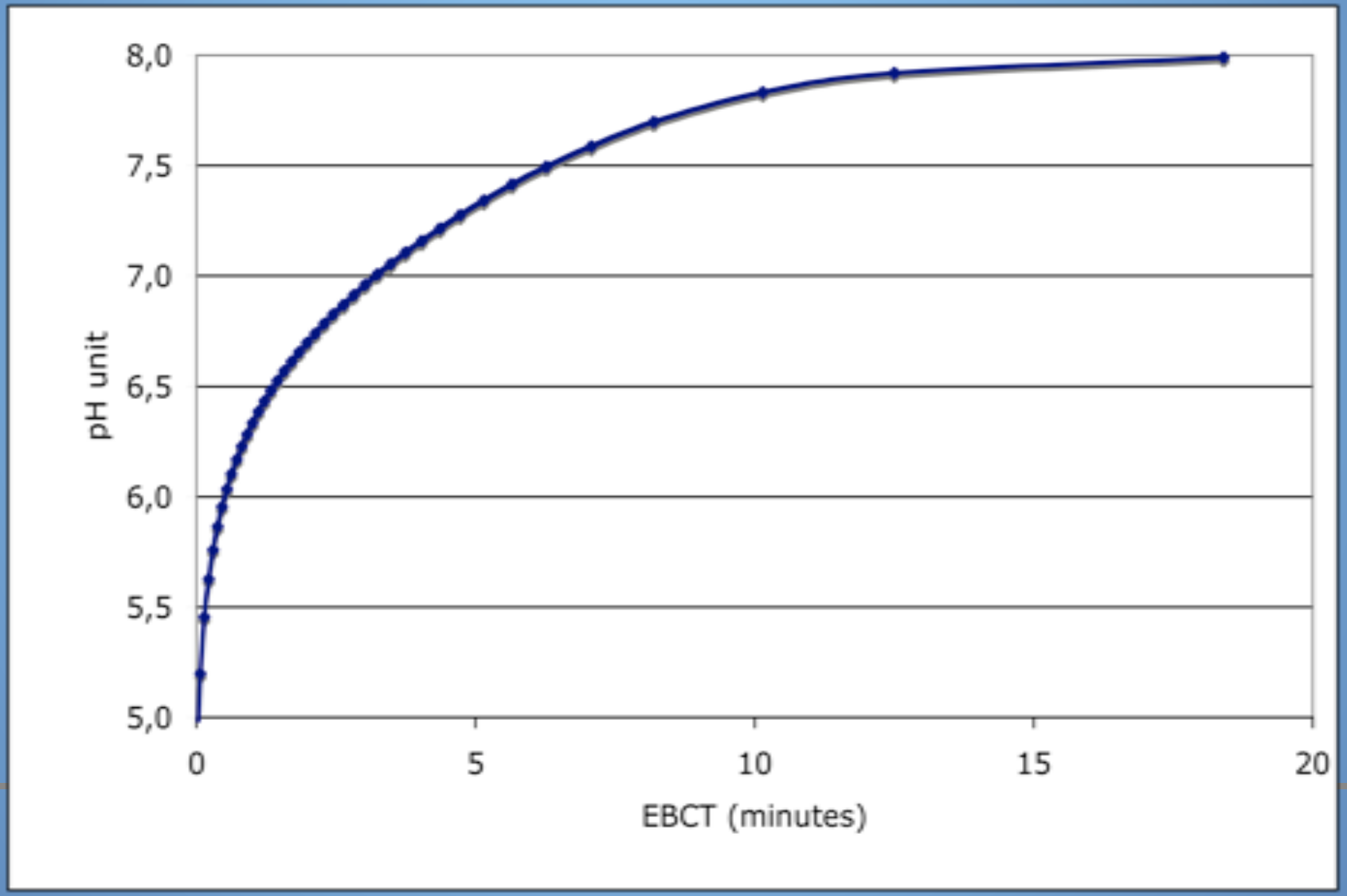
Desarrollo del Índice de Langelier



Desarrollo de la alcalinidad total



Desarrollo del pH



CONCLUSIONES

El lecho de CO_3Ca granulado (0-3 mm) de flujo a contracorriente permite aprovechar el CO_2 disuelto en el agua desalada para la remineralización.

El sistema permite alcanzar los niveles de alcalinidad y dureza que marca la legislación sin aumentar demasiado la conductividad.

El grado de remineralización depende del contenido en CO_2 del agua producto y por tanto del tipo de agua bruta y de los pretratamientos de la O.I.

Para una buena remineralización se recomiendan 40-50 ppm de CO_2 en el agua producto y un período contacto de 10-12 minutos.

CONCLUSIONES

El sistema de autoalimentación permite la recarga del lecho sin la formación de turbulencias, ni la pérdida de producto en suspensión.

El diseño propuesto funciona con la presión de salida del bastidor (apróx. 0,4 atm) y vierte a presión atmosférica.

ADICIÓN DE DOLOMITA

Otro procedimiento para elevar la dureza es añadir DOLOMITA ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), un mineral que se encuentra fácilmente y es económico. La reacción entre la dolomita y el dióxido de carbono es la siguiente

$$2CO_2 + CO_3Ca + CO_3Mg + 2H_2O \rightarrow (CO_3H)_2Ca + (CO_3H)_2Mg$$

En algunos países, la legislación exige la adición de magnesio al agua potable.

OTROS ADITIVOS

Hay plantas en las que se dosifica Fluor, pues la legislación del país así lo contempla (Chile)

El agua permeada es de tal calidad que permite realizar un agua “a la carta”, cumpliendo las necesidades de composición que el uso posterior exija.

USO AGRÍCOLA

Uno de los iones que más favorece la degradación del suelo es el SODIO, que sustituye al calcio en los suelos de zonas áridas. Esta sustitución da a la larga una dispersión de los agregados y una pérdida de estructura, haciendo que el suelo pierda permeabilidad.

El índice SAR o relación de absorción de sodio, hace referencia a la relación entre éstos iones y nos una idea del riesgo de sodio

$$S.A.R. = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{1}{2} \times [Ca] + [Mg]}}$$

Iones en meq/lit

SAR

Índice de peligrosidad de sodio para el suelo y los cultivos

USO AGRÍCOLA

Otras consideraciones:

El problema del boro: se estima que concentraciones de boro superiores a 1 mg/l pueden tener efectos negativos sobre distintas especies vegetales. En algunos concursos públicos con aguas para agricultura, como los proyectos de ACUAMED, se exigen valores inferiores a 0,5 mg/l, que implican dobles pasos en el caso de agua de mar.

Mezclas con agua sin tratar; es un modo común de obtener agua de calidad suficiente para riego tratando una menor cantidad de agua y por tanto reduciendo su coste